

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Návrh technologického postupu výroby komponentu röntgenového
zariadenia**

**Proposal of Technological Process for Manufacturing of X – Ray Equipment
Component**

Študent:

Martin Seko

Vedúci bakalárskej práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Seko**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh technologického postupu výroby komponenty rentgenového zařízení**
Proposal of Technological Process for Manufacturing of X-Ray Equipment Component

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Analýza stávajícího postupu výroby.
3. Racionalizace postupu výroby zadané součásti.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VASILKO, Karol; NOVÁK-MARCINČIN, Jozef; HAVRILA, Michal. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [2] NESLUŠAN, Miroslav; TUREK, Stanislav; BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; TABAČEK, Marian. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [3] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábaní, I. časť – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábaní, II. časť – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábaní, III. časť – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr.Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 19.05.2014

Martin Gelb

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odstavec 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřou licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odstavec 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na vŕsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 19.05.2014


.....

ANOTÁCIA BAKALÁRSKEJ PRÁCE

SEKO, M. *Návrh technologického postupu výroby röntgenového komponentu : bakalárska práca*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 37 s. Vedúci práce: Brychta, J.

Bakalárska práca sa zaoberá racionalizáciou obrábacieho procesu a porovnaním dvoch technológií výroby vybraného komponentu v spoločnosti DA servis s.r.o. V úvode je popísaná charakteristika frézovacieho a vŕtacieho procesu a charakteristika spoločnosti. V rozbere pôvodnej technológie sú popísané výrobné operácie podľa technologického postupu, použité nástroje a výrobné stroje. Z dôvodu zvýšenia efektivity boli pre novú technológiu výroby navrhnuté nové vhodné nástroje pre CNC obrábacie centrum a porovnané výrobné časy pôvodnej a navrhutej technológie výroby. V závere je ekonomické porovnanie pôvodnej a navrhutej technológie výroby pomocou ekonomických ukazovateľov používaných v spoločnosti DA servis s.r.o.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

SEKO, M. *Proposal of Technological Process for Manufacturing of X – Ray Equipment Component : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Cutting and Assembling, 2014, 37 p. Thesis head: Brychta, J.

The thesis considers rationalization of machining process, it also compares two different production technologies applied on component under conditions of DA servis s.r.o. Introduction of this thesis is describing a characteristic of milling and drilling process and characteristic of company. In analysing of a current technology are described manufacturing operations as in the technological process, used tools and machines. In order to achieve a better production effectiveness it was suggested new tools for CNC milling centre and compared production times of a current technology and suggested technology. Conclusion of this work is an economical comparison of the current technology and the suggested technology by economic indicators used in DA servis s.r.o.

Obsah

Zoznam použitého značenia.....	- 6 -
Úvod.....	- 7 -
1. Frézovanie.....	- 8 -
1.1. Podstata frézovania a pohyby pri frézovaní	- 8 -
1.2. Frézovanie valcovými frézami	- 10 -
1.3. Frézovanie čelnými frézami	- 11 -
1.4. Vznik a prierez triesky	- 12 -
1.5. Chladenie a mazanie	- 12 -
1.6. Rozdelenie fréz	- 13 -
2. Vrtanie.....	- 15 -
2.1. Upínanie vrtákov	- 15 -
2.2. Upínanie obrobkov pri vrtaní	- 15 -
2.3. Druhy vrtacích a vyvrtávacích nástrojov	- 16 -
2.4. Vyhrubovanie.....	- 17 -
2.5. Vystružovanie	- 17 -
2.6. Zahlbovanie.....	- 18 -
2.7. Vyvrtávanie	- 18 -
3. O spoločnosti DA servis Púchov s.r.o.....	- 19 -
4. Charakteristika materiálu	- 20 -
4.1. Materiál 1.4301	- 20 -
5. Rozbor pôvodnej technológie výroby	- 21 -
5.1. Výrobné stroje.....	- 21 -
5.2. Nástroje použité pri výrobe.....	- 28 -
6. Návrh novej technológie výroby.....	- 36 -
6.1. Návrh nových nástrojov a reznej geometrie.....	- 36 -
6.2. Porovnanie oboch technológií.....	- 40 -
7. Ekonomické zhodnotenie	- 43 -
8. Záver	- 46 -
Podakovanie	- 47 -
Použitá literatúra	- 48 -
Prílohy.....	- 50 -

Zoznam použitého značenia

Značenie	Význam	Jednotka
A	ťažnosť	%
CNC	počítačom riadený stroj	-
CVD	chemické naparovanie z plynnej fázy	-
D	priemer	mm
HB	tvrdosť podľa Brinella	HB
Re	medza klzu	MPa
Rm	medza pevnosti	MPa
VBD	vymeniteľná britová doštička	-
a_p	hlbka rezu	mm
f_z	posuv na zub	mm.zub ⁻¹
ks	kus	ks
v_c	rezná rýchlosť	m.min ⁻¹
v_f	posuv za minútu	mm.min ⁻¹

Úvod

V dnešnej dobe sa kladie čím ďalej, tým väčší dôraz na väčšiu efektivitu a produktivitu práce v jednotlivých podnikoch. Účelom racionalizácie je navrhnúť taký výrobný postup, pomocou ktorého by sa najefektívnejšie a za minimálne výrobné náklady dosiahlo žiadaných výsledkov. To sa dosahuje starostlivou prípravou a organizáciou predvýrobného a výrobného procesu. Taktiež v súčasnej dobe už takmer každý podnik využíva aspoň z časti automatizovanú výrobu sprevádzanú CNC strojmi alebo výrobnými linkami. Tieto stroje a linky nezaručujú len tvarovú a rozmerovú presnosť výrobku, ale zaručujú aj stály takt a rytmus výroby pri dodržaní požiadavok na výrobok.

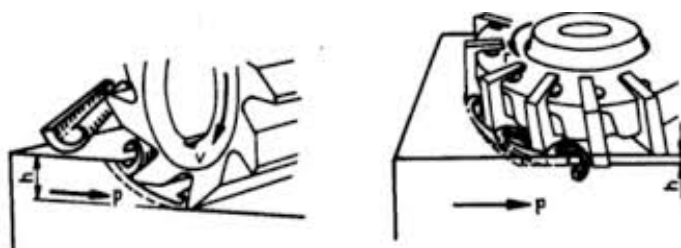
Obsahom tejto práce je rozobratie problematiky obrábania a výrobného procesu. Ďalej je popísaný rozbor technológie výroby zvarenca konzoly pre röntgenové zariadenie. Jedná sa o použité stroje, nástroje, charakteristiku materiálu a rezné parametre. Potom nasleduje návrh nových nástrojov a reznej geometrie s cieľom znížiť výrobný čas a náklady. Na záver je uskutočnené technicko – ekonomické zhodnotenie a porovnanie pôvodnej a novo navrhutej technológie výroby.

1. Frézovanie

Frézovanie je obrábacia metóda, pri ktorej je materiál obrobku odoberaný britmi rotujúceho nástroja. Posuv najčastejšie koná obrobok v smere kolmom na os nástroja. U moderných frézovacích strojov sú posuvové pohyby plynulo meniteľné a môžu sa realizovať vo všetkých smeroch. Rezný proces je prerušovaný, kde každý zub frézy odoberá krátke triesky premennej hrúbky. [4]

1.1. Podstata frézovania a pohyby pri frézovaní

Frézovaním možno obrábať jednoduché a zložené rovinné plochy, závit, rôzne zložené nepravidelné tvary a rotačné plochy. Výhodne sa obrábajú široké a tvarové plochy. Frézovanie takýchto plôch je produktívnejší spôsob obrábania ako je napríklad hobľovanie a obrážanie. Frézovanie je druh obrábacieho procesu, pri ktorom sa rotačný nástroj – fréza otáča a obrobok sa rovnomerne posúva tak, aby jednotlivé zuby nástroja postupne prichádzali do záberu s obrábaným materiálom a odrezávali samostatnú triesku. Rotačný pohyb frézy je hlavný rezný pohyb v . Pohyb obrobku je posuvný pohyb s . Tento pohyb môže byť priamočiary alebo kruhový, spravidla kolmý na os otáčania frézy. [1]

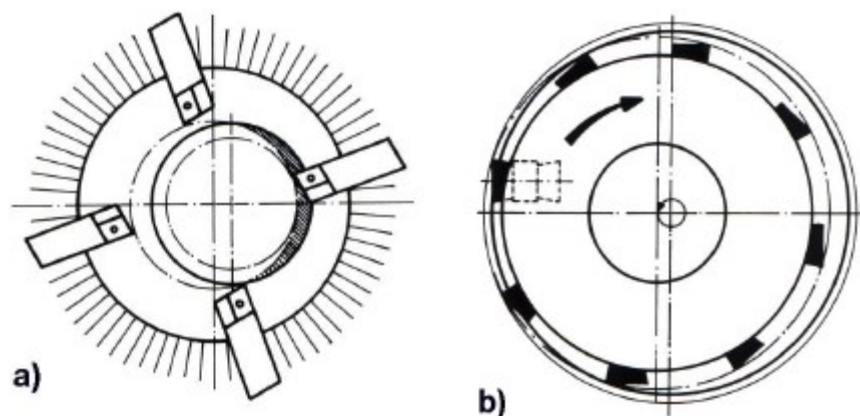


Obr. 1.1. Pohyby pri frézovaní [1]

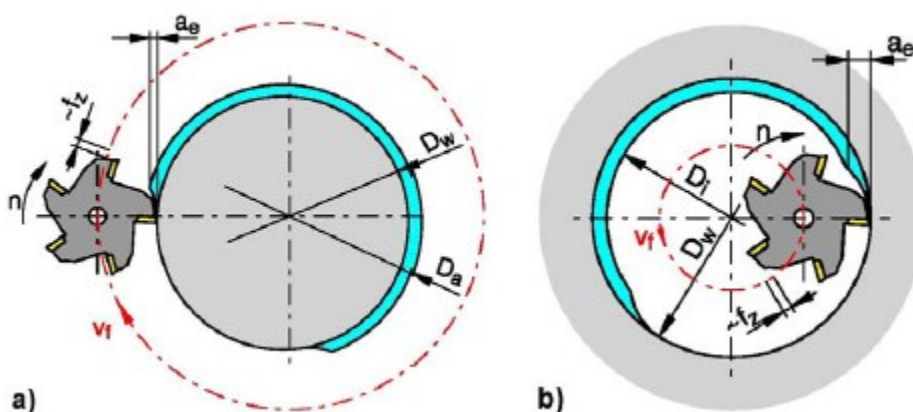
v – hlavný rezný pohyb, p – posuvný rezný pohyb, h – hĺbka rezu

Výhoda frézovania oproti hobľovaniu, ale aj sústruženiu je, že zuby frézy zaberajú do materiálu postupne, kde v zábere sú len menšou časťou otáčky. Pričom pri hobľovaní a sústružení je nástroj v zábere počas celého rezného pohybu. To má za následok prehriatie a otupenie nástrojov. Pri frézovaní sa väčšiu časť otáčky zuby pohybujú vo vzduchu, čím sa ochladzujú a tým sa znižuje otupenie nástroja. To má za výhodu, že fréza môže pracovať s vyššou reznou rýchlosťou a väčším výkonom. [1]

Z technologického hľadiska sa v závislosti na vybranom nástroji delí frézovanie na čelné a valcové. Od týchto dvoch základných spôsobov sa odvodzujú ďalšie spôsoby frézovania, ako napríklad okružné frézovanie a planétové frézovanie. [4]



Obr. 1.2. Okružné frézovanie a) vonkajšie b) vnútorné [4]



Obr. 1.3. Planétové frézovanie a) vonkajšie b) vnútorné [4]

1.2. Frézovanie valcovými frézami

Pri frézovaní valcovými frézami je os frézy rovnobežná s obrábanou plochou. Rezné klíny na obvode frézy odrezávajú prídavok na frézovanie. Šírka frézy musí byť väčšia, ako je šírka frézovanej plochy. V závislosti na vzájomnom pohybe nástroja a obrobku sa frézovanie delí na protibežné a súbežné. [1]

Pri protibežnom frézovaní sa obrobok posúva k fréze proti smeru jej otáčania. Trieska sa vytvára od najmenej hrúbky na začiatku rezu až po najväčšiu hrúbku pri vychádzaní zuba zo záberu. Pri tomto spôsobe frézovania je práca nástroja pokojná a bez rázov. Tento spôsob sa uplatňuje najmä pri obrábaní výkovkov a odliatkov, ktoré majú tvrdú povrchovú kôru vznikajúcu pri spracovávaní materiálu údermi, tlakom, teplom a pod. [1] [2]

Výhody protibežného frézovania:

- záber zubov frézy pri vrezávaní nezávisí na hĺbke rezu
- nie je potreba vymedzenie vôle medzi pohybovou skrutkou a maticou pracovného stolu stroja
- menšie opotrebenie pohybovej skrutky a matice stroja
- trvanlivosť nástroja nezávisí na okujoch, piesčitom povrchu obrobku a pod. [4]

Nevýhody protibežného frézovania:

- rezné hrany klízu po materiáli, čo má za následok zahrievanie a otupovanie zubov
- vplyv rezného tlaku, ktorý má snahu vytrhnúť obrobok z upínača [1]

Pri súbežnom frézovaní sa obrobok posúva k fréze v smere otáčania frézy. Rezné klíny začínajú odrezávať triesku v mieste s najväčšou hrúbkou a vychádzajú zo záberu v mieste s najmenšou hrúbkou triesky. Frézovanie je nárazové, rezné hrany sa po ploche neklízu.

Tým vzniká menej tepla a fréza sa menej zahrieva. Preto sa môže frézovať s väčšou reznou rýchlosťou a s väčšími posuvmi. Obrobok sa rezným tlakom pritláča na podpornú plochu upínača, čo je výhodnejšie pri frézovaní tenkých obrobkov a pri veľkých hĺbkach rezu. [1]

Výhody súbežného frézovania:

- trvanlivosť britu, čo umožňuje použitie vyšších rezných rýchlostí a posuvov
- menší potrebný rezný výkon
- rezná sila pritláča obrobok ku stolu, čo umožňuje použitie jednoduchších prípravkov
- menejší sklon ku kmitaniu
- menejší sklon k tvorbe nárastkov
- menšia drsnosť obrobenej plochy [4]

Hlavnou nevýhodou súbežného frézovania je vhodné upravenie frézovacieho stroja, predovšetkým vymedzenie vôle vo vodiacich plochách a posuvových mechanizmoch pracovného stola. V opačnom prípade by došlo k zväčšeniu chvenia pri frézovaní, čo sa môže prejaviť na obrobenej ploche, ba dokonca môže dôjsť k zničeniu nástroja. [2]

1.3. Frézovanie čelnými frézami

Pri čelnom frézovaní je os frézy kolmá na frézovanú plochu. Rezné klíny frézy odoberajú triesku takmer rovnakého prierezu, takže hrúbka triesky sa počas obrábania mení minimálne. Zaťaženie stroja a nástroja počas rezu je takmer rovnaké, chod stroja je plynulý a rovnomerný, chvenie je veľmi malé. Akosť frézovanej plochy je lepšia ako pri valcovom frézovaní. Čelné frézy sa používajú najčastejšie na zvislých frézovacích strojoch, ale môžu sa použiť aj na vodorovných frézovačkách. Priemer frézy sa volí vždy väčší, ako je šírka obrábanej plochy. [1] [2]

Výhody čelného frézovania oproti valcovému:

- je výkonnejšie, umožňuje odoberanie väčšieho množstva triesok
- použitie frézovacích hláv, čo prispieva k zvýšeniu výkonu
- tuhšie upnutie fréz
- pokojnejšie frézovanie, pretože v zábere je vždy niekoľko zubov súčasne a hrúbka triesky sa mení minimálne [2]

1.4. Vznik a prierez triesky

Pri frézovaní sa materiál odrezáva zubami frézy. Vplyvom rezných síl sa oddeľovaný materiál pred čelom zuba stláča a pri rezných silách väčších ako je súdržnosť materiálu obrobku sa jednotlivé časti frézovaného materiálu vzájomne posúvajú a šmýkajú po čele zuba. Pri frézovaní valcovou frézou sa hrúbka triesky mení od nulovej hodnoty do maximálnej hrúbky danej veľkosťou posuvu na zub alebo od maximálnej hrúbky po nulovú. Pri čelnom frézovaní sa hrúbka triesky zväčšuje a po dosiahnutí maxima znovu znižuje podľa polohy frézy a frézovaného materiálu a pomeru priemeru frézy k šírke frézovanej plochy. [1]

1.5. Chladenie a mazanie

Pri frézovaní sa vytvára veľké množstvo tepla, ktoré prechádza do nástroja a do obrobku, sčasti sa odvádza trieskou a sčasti uniká do prostredia okolo miesta rezania. Vznikajúce teplo pôsobí na reznú časť nástrojov, čo má za následok zníženie trvanlivosti nástroja. Ak teplota prekročí kritickú hodnotu, nástroj stratí schopnosť rezať a zuby sa otupia. Na zníženie tepla sa privádza do miesta rezu chladiaca kvapalina. Tá má za úlohu pohlcovať teplo a následne ho odvádzať z miesta rezu. [1]

Chladiace kvapaliny pri frézovaní:

- vodné roztoky
- emulzie
- rezné oleje [1]

1.6. Rozdelenie fréz

Podľa umiestnenia zubov:

- valcové – brity sú umiestnené na valcovej ploche
- čelné – brity sú umiestnené na valcovej a čelnej ploche
- kotúčové – brity na valcovej ploche a oboch čelných plochách, používajú sa pre frézovanie drážok
- kužeľové – rezné hrany na kužeľovej ploche
- tvarové – brity sú umiestnené na tvarových plochách (uhlové frézy, rádiusové frézy, frézy na závity, frézy na ozubenie) [6]

Frézy podľa spôsobu výroby zubov:

- frézy s frézovanými zubami – majú frézované zuby konečný tvar rezného klina sa vytvorí brúsením čelnej a chrbtovej rovinnej plochy
- frézy s podsústruženými zubami – majú chrbtovú plochu vytvorenú podsústružením [1]

Frézy podľa priebehu ostria zubov:

- s priamymi zubami – majú rezné hrany rovnobežné s osou frézy
- frézy s reznými hranami v skrutkovici [1]

Frézy podľa spôsobu upínania:

- frézy nástrčné – upínajú sa na frézovací tŕň
- frézy stopkové – stopka môže byť valcová alebo kužeľová [6]

Frézy podľa konštrukcie:

- celistvé – majú teleso aj zuby vyhotovené z jedného kusa, alebo rezné hrany môžu byť z iného materiálu, ale sú pevne spojené s telesom frézy
- frézy s vymeniteľnými reznými doštičkami – rezné doštičky sú vsadené do frézovacej hlavy a pripevnené skrutkami [1]

2. Vrtanie

Vrtanie je obrábacia metóda, pomocou ktorej sa zhotovujú otvory do plného materiálu, alebo dopredu predhotovených otvorov. Na vrtanie sa používajú nástroje – vrtáky. Os vrtáku je spravidla kolmá k obrábanej ploche. Hlavný pohyb je rotačný, kde nástroj sa otáča okolo svojej osy a vedľajší pohyb je posuvný, kde nástroj sa posúva v smere svojej osy. [5] [1]

2.1. Upínanie vrtákov

Upínacia časť vrtáka býva valcová alebo kužeľová. Vrtáky s valcovou stopkou sa upínajú do upínacích hlavičiek a vrtáky s kužeľovou stopkou sa upínajú priamo do kužeľovej dutiny vretena stroja. Keď je kužeľ stopky vrtáka menší ako kužeľový otvor vretena, používajú sa redukčné vložky. [1]

2.2. Upínanie obrobkov pri vrtaní

Vrtané predmety musia byť dobre a pevne upnuté. Na upínanie obrobkov sa používajú väčšinou zveráky, prizmatické podložky a ručné zvierky. Obrobky väčších rozmerov sa pokladajú na pracovný stôl stroja, kde sa prichytí upínkami. Pri vrtaní priechodných otvorov sa obrobok musí podložiť drevenou podložkou, alebo dvoma rovnobežnými podložkami, aby mal hrot vrtáka voľný priebeh a nepoškodil pracovný stôl stroja. [1]

2.3. Druhy vŕtacích a vyvŕtávacích nástrojov

Skrutkovité vŕtáky – tento typ sa najčastejšie používa na vŕtanie a vyvŕtávanie. Skladá sa z reznej a upínacej časti. Rezná časť je ukončená dvoma reznými hranami symetrickými podľa osy. Smerom od rezných hrán sú v telese nástroja dve skrutkovicové drážky. Základným materiálom je rýchlorezná oceľ, pre ťažšie podmienky obrábania sa používajú povlakované vŕtáky na báze nitridu titánu.

Kopijovité vŕtáky – sú to dvojklínové rezné nástroje a patria medzi najstaršie vŕtacie nástroje. V zdokonalenej forme sa používajú aj v súčasnosti. Majú plochú vymeniteľnú reznú platničku, ktorá sa pevne upne na teleso nástroja. Na reznej hrane majú drážky a na čelnej ploche tvarovače triesok, ktoré delia a tvarujú triesku.

Vŕtáky s vymeniteľnými britovými doštičkami – majú niekoľko britových doštičiek zo spekaných karbidov upnutých v telese držiaku pomocou skrutky. Tvary britových doštičiek sú rozmanité tak, aby boli zlepšené nepriaznivé pracovné podmienky. U nástrojov väčších priemerov sú britové doštičky upnuté do telesa prostredníctvom výmenných kaziet, čo umožňuje zmenu priemeru vŕtáku bez zmeny telesa vŕtáku. Vŕtáky sú vybavené centrálnym prívodom reznej kvapaliny.

Delové a hlavňové vŕtáky – používajú sa na vŕtanie hlbokých otvorov. Delové vŕtáky sa musia po dosiahnutí určitej hĺbky vytiahnuť, aby sa z otvoru vybrali triesky, lebo vŕták nemá potrebnú geometriu na odvod triesky. Hlavňové vŕtáky sú určené pre vŕtanie presnejších dier. Rezná časť nástroja je pripájkovaná na na tyč potrebnej dĺžky. Rezná kvapalina je privádzaná otvormi v telese vŕtáku a zaručuje odplavenie triesok.

Tvarové vŕtáky – medzi tvarové vŕtáky patria stupňovité a kombinované nástroje. Možno nimi vŕtať otvory s odstupňovanými priermi, alebo pri vŕtaní do plného materiálu súčasne vytvoriť rovnakým nástrojom zrazenie hrany alebo vytvoriť zahĺbenie, čo šetrí čas pri výmene nástrojov. [7] [5]

Vyvrŕavacie hlavy - nasadzujú sa na vyvrŕavacie tyče a sú určené na vyvrŕavanie väčších otvorov. Nástroje sú osadené reznými platničkami alebo nožími. Vyvrŕavacie nože sa vyrábajú z rýchlořeznej ocele a s reznými platničkami zo spekaných karbidov. [5]

2.4. Vyhrubovanie

Vŕtanie je väčšinou hrubovacia operácia, kde sa otvor vyznačuje vysokou drsnosťou povrchu, zlou kruhovitosťou, valcovitosťou a prípadne aj vychýleniu osy z požadovaného smeru. Preto pre dosiahnutie vyšších požiadavok na kvalitu vyrobeného otvoru je nutné použiť nasledujúce operácie a to vyhrubovanie a vystružovanie. Vyhrubovanie je opracovanie predvŕtaných, predliatych alebo predkovaných otvorov. Na to sa používajú výhrubníky, pomocou ktorých sa otvor zväčšuje o 0,5 až 1,6 mm. Vyhrubovaním sa dosiahnu nielen hladšie povrchy otvorov, ale aj presnejšie rozmery a geometrické tvary ako pri vŕtaní. [1] [5]

2.5. Vystružovanie

Vystružovanie je dokončovacia operácia výroby presných otvorov s predpísanou drsnosťou povrchu a geometrickými parametrami. Vystružovanie je poslednou operáciou pri obrábaní otvorov. Po predchádzajúcich operáciách otvor nedosahuje správny priemer a hladký povrch. Vystružovaním sa tieto nedostatky odstránia, kde povrch zostane hladký a otvor nadobudne presný rozmer a správny geometrický tvar. Vystružené otvory sú presné len vtedy, keď výstružník a vreteno sú súosové. Taktiež presnosť vystruženého otvoru závisí aj od spôsobu upnutia výstružníka a od presnosti stroja. Prídavok na vystružovanie nesmie byť príliš malý, pretože nástroj by v tomto prípade materiál neodrezával, ale by ho vytlačoval, pričom by vytvorený otvor nemal požadovaný kruhový prierez a ani požadovanú drsnosť povrchu. [1] [5]

2.6. Zahlbovanie

Zahlbovaním sa zrezávajú hrany dier, vyrábajú sa odstupňvané otvory, upravujú dosadacie plochy na skrutky so zapustenými kužeľovými alebo valcovými hlavami. Otvory s malými a stredne veľkými priermi sa zahlbujú záhlbníkmi. Sú to viacklinové nástroje vyrobené z rýchloreznej ocele alebo spekaných karbidov. V otvore obrobku sú vedené pevnými alebo výmennými vodiacimi čapmi. Na skrátenie času výmeny nástroja sa na dosiahnutie súosovosti vŕtaného a zahlbovaného otvoru používajú kombinované nástroje. Na spätné zahlbovanie sú určené špeciálne záhlbníky, u ktorých je teleso s reznou časťou umiestnené excentricky voči upínacej stopke. [3] [5]

2.7. Vyvrtávanie

Vyvrtávanie je obrábacia metóda, pri ktorej sa predhotovené otvory dokončujú na konečný rozmer. Ako nástroje sa používajú vyvrtávacie tyče alebo vyvrtávacie hlavy. Vyvrtávaním možno obrábať aj vnútorné zápichy a rezať vnútorné závit. Pri vyvrtávaní koná hlavný pohyb vyvrtávací nôž, ktorý je upnutý do vyvrtávacej tyče, ktorá je upnutá vo vretene stroja. Vyvrtávací nôž sa pomocou nastavovacej skrutky nastavuje na priemer vŕtaného otvoru. Posuv vykonáva obrobok, ktorý je upnutý na pracovnom stole alebo posuvne uložený nástroj vo vyvrtávacej tyči. Vyvrtávanie sa používa pri obrábaní otvorov s väčšími priermi a obrobkoch, ktoré sa vyznačujú veľkou hmotnosťou a rozmermi. Docieľuje sa vysokej presnosti a malá drsnosť obrobeného povrchu. [5] [1]

3. O spoločnosti DA servis Púchov s.r.o.

Spoločnosť DA servis s.r.o. bola založená zakladateľskou listinou dňa 29. 10. 1999. Od jej vzniku sa postupne zväčšoval okruh aktivít z dôvodu lepšej stabilizácie na trhu. Spoločnosť pôsobí v odvetví, ktoré predurčuje charakter výrobného procesu. Ide o zákazkový typ výroby, v niektorých prípadoch o malosériový, resp. sériový.

V súčasnosti má firma tri nosné činnosti:

- zámočnícka výroba – výroba oceľových konštrukcií, stavba hál, opláštenia z plechov a sendvičových panelov
- kovoobrábanie – výroba presných súčiastok pre röntgenové zariadenia, výroba foriem, opracovanie segmentov pre gumárenský priemysel, výroba častí strojov a manipulačnej techniky
- obchodná činnosť – predaj hutného materiálu, polykarbonátu a plastov [8]



Obr. 3.1. Príklady výroby súčiastok v spoločnosti DA servis s.r.o. [8]

4. Charakteristika materiálu

4.1. Materiál 1.4301

Jedná sa o chróm niklovú austenitickú oceľ, ktorá má sklon k spevňovaniu za studena pri ťahaní alebo pri trieskovom obrábaní nevhodnými reznými podmienkami. Spevňovanie vzniká pretvorením austenitu na deformačný martenzit, ktorý zvýši pevnosť, zníži ťažnosť a spôsobí zmagnetovanie. Deformačný a zbytkový martenzit sa odstraňuje žihaním. Tieto štrukturálne zmeny nejak neovplyvňujú koróznú odolnosť, obrábiteľnosť a zvariteľnosť materiálu. Oceľ má široké použitie najmä v potravinárskom priemysle a gastronomických zariadeniach. Je nemagnetická a nekaliteľná. [9]

Tab. 4.1. Chemické zloženie materiálu 1.4301 [10]

Cr [%]	Ni [%]	C ≤ [%]	Si ≤ [%]	Mn ≤ [%]	P ≤ [%]	S ≤ [%]	N ≤ [%]
17 - 19,5	8 - 10,5	0,07	1	2	0,045	0,015	0,11

Tab. 4.2. Mechanické vlastnosti materiálu 1.4301 [9] [10]

Merná hmotnosť [g.cm ⁻³]	R _m [MPa]	R _{e0,2} [MPa]	A [%]	Tvrdosť [HB]
7,9	520 - 720	210	45	160 - 190

5. Rozbor pôvodnej technológie výroby

V rámci bakalárskej práce mi bola pridelená zostava zvarenca konzoly, ktorá patrí medzi hlavné výrobné činnosti spoločnosti DA servis s.r.o. Jedná sa o zostavu, ktorá je zložená zo štyroch druhov komponentov, kde celá táto konzola je súčasťou röntgenového zariadenia. Celý výrobný proces je realizovaný na konvenčných obrábacích strojoch a CNC obrábacom centre. Jedná sa o zložitý výrobný proces, kde sú kladené vysoké požiadavky na rozmerovú a geometrickú presnosť, pričom je tu snaha o čiastočné skrátenie výrobného času s cieľom urýchliť výrobu a ušetriť financie.

5.1. Výrobné stroje

Ako je už spomínané, proces výroby zvarenca konzoly sa uskutočňuje na konvenčných obrábacích strojoch, čo si vyžaduje technickú náročnosť zabezpečenia a organizácie výrobného procesu. Veľký dôraz sa tu kladie najmä na výber kvalifikovaných a vyškolených pracovníkov s technickým uvažovaním a so schopnosťou čítať technické výkresy. Obsluha po prečítaní technického výkresu a technologického postupu predurčuje charakter výrobného procesu. Pred samotným obrábaním musí obsluha vybrať vhodné nástroje a tieto nástroje chronologicky zoradiť. Po vybratí a zoradení nástrojov sa týmto nástrojom nastaví vhodné rezné parametre. Po upnutí obrobku sa zahájí samotný výrobný proces, kde obrábaná súčiastka dostáva krok po kroku výsledný tvar a rozmery s predpísanými vlastnosťami.

Horizontálna vyvrtávačka W100 A

Hlavnou charakteristikou vyvrtávačiek je zhotovovanie otvorov otáčajúcim sa nástrojom, prevažne vyvrtávacím nožom. Sú to univerzálne stroje, ktoré okrem vyvrtávania umožňujú realizovať mnoho ďalších technologických operácií, napríklad vŕtať skrutkovitým vrtákom, vyhrubovanie, vystružovanie, zahľbovanie, rezat' závit a pomocou vhodného príslušenstva vyvrtávať kužeľové a tvarové plochy. Medzi významné operácie vykonávané na horizontálnych vyvrtávačkách patrí frézovanie rovinných plôch frézovacími hlavami. [15]

Po kontrole vstupného materiálu začína na tomto obrábacom stroji výrobný proces. Po upnutí obrobku sa vykonávajú hrubovacie a dokončovacie operácie na pozíciách 1 a 2, viz technický výkres v prílohe. Po hrubovaní sa obe súčasti žihajú, aby sa odstránilo vnútorné pnutie, ktoré mohlo byť spôsobené pri hrubovaní. Po žíhaní sa oba komponenty zuhlujú po bokoch na konečný rozmer, kde následne sa na pozíci 1 po bokoch zhotovia všetky potrebné otvory, zapustenia, zrazia sa hrany na otvoroch a narežú závit. Pozícia 2 sa dokončí na konečné rozmery. Nakoniec po týchto operáciach nasleduje medzioperačná kontrola. Po tejto kontrole idú všetky komponenty na zvaračské pracovisko, kde sa všetky pozície, vrátane pozíc 3 a 4, ktoré sú vypálené z plechu rovnakého materiálu zvaria, čím vznikne zvarenec konzoly.



Obr. 5.1. Horizontálna vyvrtávačka W100 A [14]

Tab. 5.1. Technické parametre horizontálnej vyvrtávačky W100 A [14]

Technické parametre stroja	
rozmery stola	1250 x 1250 mm
výkon pohonu vretena	10 kW
priemer vretena	100 mm
otáčky vretena	7,1 - 1120 min ⁻¹
posuv	18 - 900 mm . min ⁻¹
rýchloposuv	2800 mm . min ⁻¹
zvislé prestavenie vreteníku os Y	1120 mm
priečne prestavenie stola os X	1600 mm
pozdĺžne prestavenie stola os Z	1250 mm
výsuv vretena os W	900 mm
zaťaženie stola	3000 kg
priemer lícnej dosky	600 mm

Zvislý sústruh karusel SK16

Karusely sa používajú na výrobu stredných a veľkých rotačných súčastí. Princíp karuselu spočíva v tom, že na vreteníku je upevnené skl'učovadlo s obrobkom. Pohyb nástroja je možný vo zvislom a vodorovnom smere. Na karuseloach sa obrábajú vonkajšie a vnútorné plochy, kužeľové plochy, režu závity a sústružia tvarové plochy pomocou kopírovacieho zariadenia. [11]

Na tomto stroji sa vykonáva druhá hrubovacia operácia na pozícii 1 viz technický výkres v prílohe. Po upnutí a vystredení obrobku na pracovnom stole obrábacieho stroja začína vonkajšie sústruženie odsadenia a vnútorné sústruženie stredového otvoru s prídavkom 2 mm. Po vykonaní týchto operácií sa obrobok otočí, vystredí a znova sa vysústruží odsadenie s otvorom s rovnakým prídavkom 2 mm. Počas sústruženia obsluha stroja pravidelne premeriava rozmery posuvným meradlom a dohliada, aby boli dodržané rozmery podľa technologického postupu.



Obr. 5.2 Zvislý sústruh karusel SK16 [11]

Tab. 5.2. Technické parametre karuselu SK16 [11]

Technické parametre stroja:	
dĺžka	4550 mm
šírka	2700 mm
výška	4730 mm
elektromotor	37 kW
posuvy	0,09 - 9 mm/ot
rýchloposuv	2000 mm . min ⁻¹
otáčky	3,5 - 150 min ⁻¹
maximálna hmotnosť obrobku	5000 kg
priemer upínacej dosky	1620 mm
maximálny priemer sústruženia bočným suportom	1620 mm
maximálny priemer sústruženia ľavým priečnikovým suportom	1700 mm
Maximálna výšková vzdialenosť od upínacej dosky	
k šmýkadlu priečnikových suportov	1380 mm
k nožovému držiaku bočného suportu	1000 mm
Zvislý pohyb šmýkadla priečnikového suportu	
ľavého	800 mm
pravého	630 mm
hmotnosť stroja	20 000 kg

Obrábacie centrum VMC 2000S

Vertikálne obrábacie centrum VMC 2000S je univerzálny stroj, ktorý je určený na frézovanie, vŕtanie, vyvrtávanie a závitovanie v troch CNC riadených osiach. Umožňuje efektívnu a presnú kusovú a sériovú výrobu nerotačných obrobkov vrátane foriem. Základňu stroja tvorí vysoko tuhé žíhané odliatky. Veľká hrúbka stien a rebrovanie poskytujú vysokú stabilitu, tuhosť a tlmenie vibrácií. [13]

Kôli zložitosti a vysokej presnosti výroby sa na tomto CNC obrábacom centre zhotovujú presné otvory s presnými rozstupmi a frézujú tvarovo zložité plochy, ktorých výroba na klasických obrábacích strojoch by bola obtiažna. Stroj pracuje vďaka CNC programu, ktorý je zhotovený programátorom. V programe sú obsiahnuté všetky potrebné rezné parametre a informácie o nástrojoch. Po ukončení programu je celý obrobok premeraný obsluhou stroja. Po odstránení ostrých hrán, odmastnení a pieskovaní je vykonaná odborná technická kontrola, kde sa premeria celý zwarenc a vystaví sa merací protokol.



Obr. 5.3. CNC obrábacie centrum VMC 2000S [13]

Tab. 5.3. Technické parametre CNC obrábacieho centra VMC 2000S [13]

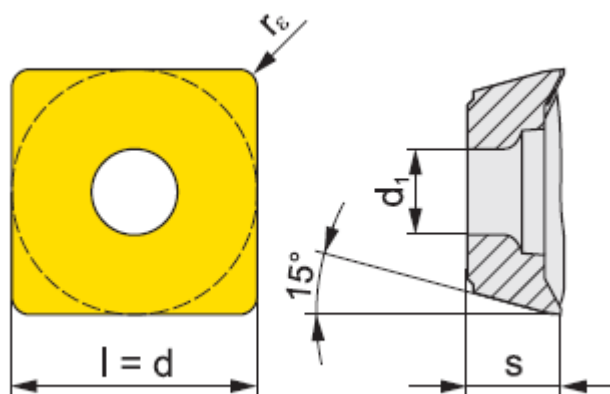
Technické parametre stroja	
dĺžka	5200 mm
šírka	3350 mm
výška	3250 mm
hmotnosť	16 000 kg
rozmery stola	2200 x 850 mm
nosnosť	2500 kg
kužel vretena	BT50
otáčky	6000 min ⁻¹
rýchloposuvy X Y Z	15, 15, 12 m . min ⁻¹
pracovné posuvy	1 - 10 m . min ⁻¹
pojzd osy X	2032 mm
pojzd osy Y	900 mm
pojzd osy Z	850 mm
počet nástrojov v zásobníku	24
riadiaci systém	FANUC 0i – Md

5.2. Nástroje použité pri výrobe

Na výrobu konzoly na klasických strojoch a na CNC obrábacom centre sa používajú vymeniteľné britové doštičky od spoločnosti Pramet Tools s.r.o. Spoločnosť Pramet Tools sa zaoberá vývojom, výrobou a predajom obrábacích nástrojov a patrí medzi najznámejších dodávateľov týchto produktov. Výber typu a čo najvhodnejšej reznej geometrie vymeniteľných britových doštičiek závisí od toho, či sa jedná o hrubovacie alebo dokončovacie operácie.

Na horizontálnej vyvrtávke sú použité vymeniteľné britové doštičky typu SDMT 120508SR – M, ktoré sú upnuté v telese frézovacej hlavy, kde sú pripevnené pomocou skrutky. Priemer frézovacej hlavy je $\varnothing 100$ mm, v ktorej je upnutých 9 kusov vymeniteľných britových doštičiek.

Táto britová doštička sa vyznačuje pozitívnym uhlom čela a zaručuje minimálny rezný odpor. Je určená pre ľahké a stredné obrábanie a je doporučená pre obrábanie materiálov skupín P, M a ďalej pre materiály skupín K a S. [16]



Obr. 5.4. Tvar vymeniteľnej britovej doštičky SDMT 12 [16]

Tab. 5.4. Rozmery VBD SDMT 120508SR – M [16]

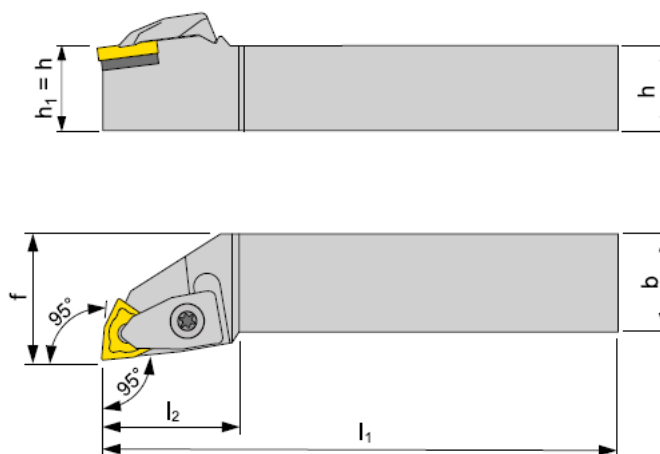
veľkosť	l	d	s	d ₁
1205	12,7	12,7	5	4,4

Tab. 5.5. Odporúčané rezné parametre VBD SDMT 12120508SR – M [16]

r_ϵ	f_{\min}	f_{\max}	$a_{p \min}$	$a_{p \max}$
0,8	0,10	0,25	1,0	10,0

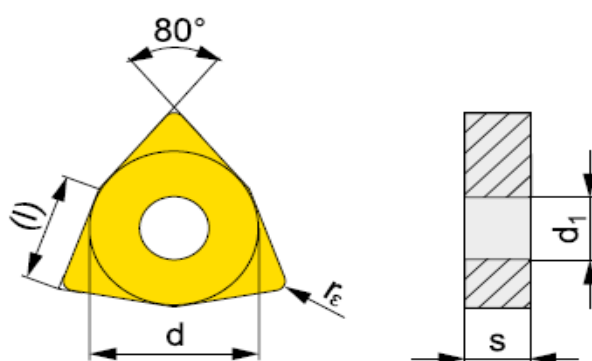
Pri sústružení na zvislom sústruhu sa na hrubovanie vonkajšieho odsadenia a vnútorného otvoru používajú vymeniteľné britové doštičky typu WNMM 100608E – DR. Vymeniteľná britová doštička je upnutá v nožovom držiaku typu DWLNR 3225 P 10.

Táto vymeniteľná britová doštička nachádza svoje uplatnenie pri polohrubovacích a hrubovacích operáciách, pričom je vhodná aj na prerušovaný a neprerušovaný rez. Hlavná oblasť použitia je v skupinách materiálov P, M a K. Výnimočne sa používa na obrábanie materiálov skupiny S. [17]



Obr. 5.5. Nožový držiak DWLNR 3225 P 10 [17]

Vymeniteľná britová doštička je upnutá v nožovom držiaku systémom označovaným pod písmenom D. Výhodou tohto systému je stabilnejšia fixácia v lôžku nástroja, predovšetkým u prerušovaných rezov. Tento typ upínania je rovnaký pri vonkajšom a vnútornom sústružení. Doporučuje sa pri obrábaní materiálov s krátkou trieskou. Nevýhodou tohto upínania je, že upínací segment tvorí prekážku pre hladký odvod triesky z miesta rezu. [20]



Obr. 5.6. Tvar VBD WNMM [17]

Tab. 5.6. Rozmery VBD WNMM 100608E – DR [17]

veľkosť	(1)	d	s	d ₁
1006	10,8	15,875	6,35	6,35

Tab. 5.7. Odporúčané rezné parametre VBD WNMM 100608E – DR [17]

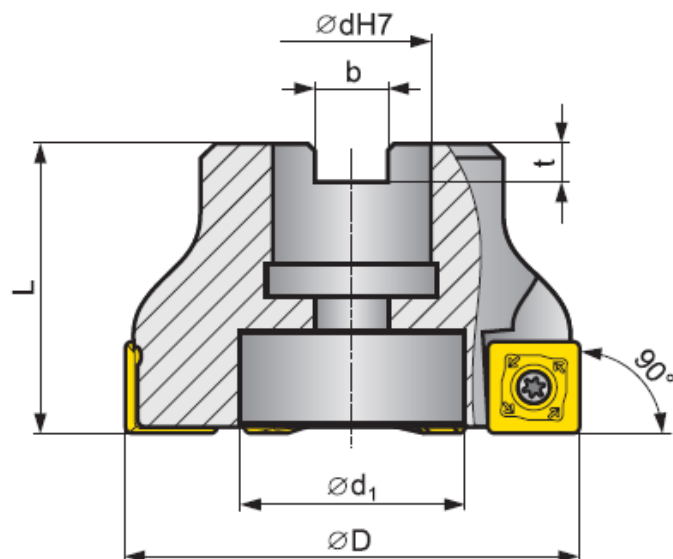
r_ϵ	f_{\min}	f_{\max}	$a_{p \min}$	$a_{p \max}$
0,8	0,30	0,60	2,5	7,0

Na CNC obrábacom centre sa vykonávajú frézovacie, vŕtacie, vystružovacie operácie a operácie rezania závitov. Preto je tu použitý široký sortiment nástrojov, ktoré sa od seba líšia úpravou povrchu a reznou geometriou. V rámci bakalárskej práce sú tu uvedené tri druhy nástrojov, ktoré sa používajú na úsekoch, kde bude predstavený návrh na zlepšenie obrábacieho procesu v nasledujúcej kapitole.

Na frézovanie drážkovitých vybraní je tu použitá fréza typu 63A06R – S90SD12 – C s priemerom \varnothing 63 mm. Do frézy sa upínajú pomocou skrutiek vymeniteľné britové doštičky typu SDMT 120508SR – M, ktoré sú takisto upnuté vo frézovacej hlave, ktorá je upnutá v horizontálnej vyvrtávačke. Fréza s uhlom nastavenia 90° je určená na vyhrubovanie drážok s prídavkom na dokončovanie 0,4 mm.



Obr. 5.7. Fréza S90SD12 [16]



Obr. 5.8. Rozměry frézy 63A06R – S90SD12 – C [16]

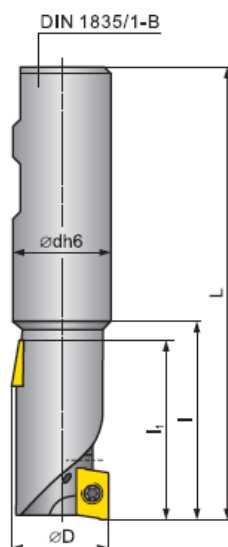
Tab. 5.8. Rozměry frézy 63A06R – S90SD12 – C [16]

D	dh7	d₁	L	b	t	Z*	[kg]
63	22	18	40	10,4	6,3	6	0,42

Na dokončovanie a kalibrovanie rozmerov sa používa fréza typu 25J2R50B25 – SAD11E38 – C. Jedná sa o valcovú frézu, ktorá ma po obvode zhotovené skrutkovicové drážky, v ktorých sú upevnené vymeniteľné britové doštičky. Táto skrutkovicová drážka umožňuje ľahký a rýchly odvod triesky. V tejto fréze sú upevnené doštičky typu ADMX 11T304SR – F. Tento typ frézy umožňuje vnútorný prívod chladiacej kvapaliny, pričom sa efektívne chladí každá britová doštička.



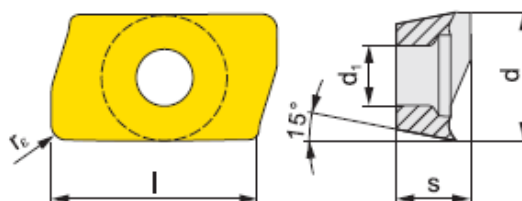
Obr. 5.9. Fréza J – SAD11E [16]



Obr. 5.10. Rozmery frézy 25J2R50B25 – SAD11E38 – C [16]

Tab. 5.9. Rozmery frézy 25JR50B25 - SAD11E38 - C [16]

D	L	l	l₁	dh6	Z*	ZN*	[kg]
25	136	55	38	25	2	8	0,3



Obr. 5.11. Vymeniteľná britová doštička ADMX 11 [16]

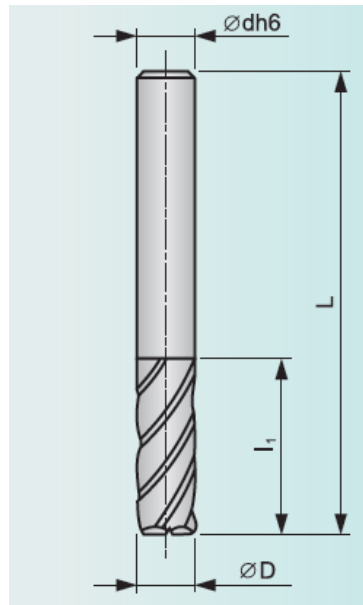
Tab. 5.10. Rozmery VBD ADMX 11T304SR – F [16]

veľkosť	l	d	s	d₁
11T3	11,000	6,530	3,97	2,90

Tab. 5.11. Odporúčané rezné parametre VBD ADMX 11T304SR – F [16]

r_e	f_{min}	f_{max}	a_{p min}	a_{p max}
0,4	0,07	0,12	0,5	9,0

Na vytvorenie zahĺbení bola vybraná univerzálna monolitná fréza 20E4S100 – 38A20 SUMA s priemerom $\varnothing 20$ mm. Monolitná fréza sa od frézy s vymeniteľnými britovými doštičkami líši tým, že monolitná fréza je celá zhotovená z jedného nástrojového materiálu. Vyznačuje sa pozitívnou reznou geometriou a veľmi odolným povlakom, čo umožňuje obrábať široký rozsah materiálov skupín P, M, N a S. Fréza najskôr vyhrubuje zahĺbenie s prídavkom na dno a stenu 0,2 mm a následne vykoná dokončovacie operácie dna a steny.



Obr. 5.12. Monolitná fréza 20E4S100 - 38A20 SUMA [18]

Tab. 5.12. Rozmery frézy 20E4S100 - 38A20 SUMA [18]

D	Z*	dh6	L	l₁
20	4	20	100	38

Tab. 5.13. Odporúčané rezné parametre frézy 20E4S100 - 38A20 SUMA [18]

V_c	f_z	n	v_f	a_p
60	0,045	955	172	30

6. Návrh novej technológie výroby

Racionalizáciou výroby sa rozumie zefektívnenie výroby z dôvodu zníženia výrobného času a nákladov pri zachovaní stáleho rytmusu výroby. Kôli zložitosti a vysokému času výroby je v rámci bakalárskej práce snaha o urýchlenie výroby a skrátenie času v tej časti výroby, kde obrábaný zvarenec trávi najviac času svojej výroby. Jedná sa o CNC obrábacie centrum, kde zvarenec dostáva konečný tvar a rozmery. Pretože ide o výrobu, ktorá je zameraná na kusovú alebo malosériovú výrobu, v tomto prípade ide len o jeden kus, tak je tu snaha o vylepšenie, ktoré by bolo použiteľné aj pri ďalších typoch tvarovo a rozmerovo podobných súčastí. Hlavné zameranie tu je na výber nových nástrojov, reznej geometrie a zvolenie vhodných rezných parametrov. Nové nástroje sú taktiež zvolené od spoločnosti Pramet Tools s. r. o.

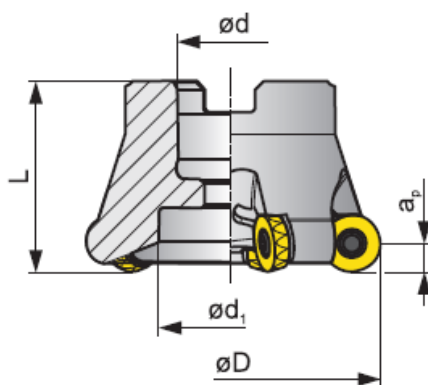
6.1. Návrh nových nástrojov a reznej geometrie

Ako prvý krok pri návrhu vhodného nástroja a reznej geometrie sa volí zaradenie obrábaného materiálu do materiálovej skupiny. Pre materiál 1.4301 je najvhodnejšia materiálová skupina podľa ISO 513 označená pod písmenom M. Charakteristikou tejto skupiny je obrábanie feritických, martenzitických a austenitických korozivzdorných ocelí. Po tomto zaradení nasleduje výber čo najvhodnejšieho rezného materiálu s vhodnou povrchovou úpravou. Povrchové úpravy rezných materiálov majú za úlohu predĺžiť životnosť nástroja, zvýšiť rezné parametre, získanie tvrdých povrchov pri zachovaní húževnatého jadra, zníženie koeficientu trenia na čele nástroja a obmedzenie tvorby nárastkov. Pri výbere vhodného nástroja sa vychádza z technického výkresu, kde sa podľa rozmerov súčasti zvolí vhodný priemer frézy a taktiež sa vychádza z materiálových vlastností, podľa čoho sa volí pre danú operáciu vyhovujúci tvar vymeniteľnej britovej doštičky.

Podľa katalógu spoločnosti Pramet Tools s.r.o. bol zvolený rezný materiál s označením M9340. Tento rezný materiál je vhodný na obrábanie materiálov skupín M, S a podmiennečne pre skupiny P. Je vhodný pre stredné rezné rýchlosti s možnosťou obrábania s chladením i bez chladenia. Vyznačuje sa tenkým povlakom naneseným metódou MT – CVD s vrstvou Al_2O_3 . [16]

Metóda MT – CVD je metóda, ktorá je založená na princípe zníženia pracovných teplôt CVD metódy. Táto metóda umožňuje nanášať povlaky za podstatne nižších teplôt, ako metóda CVD. Tieto teploty sa pohybujú v rozmedzí 700 – 850 °C. Medzi hlavné výhody tejto metódy povlakovania patrí skutočnosť, že nedochádza v dôsledku nižšej teploty k poklesu podkladového spekaného karbidu a britové doštičky sú odolnejšie proti mechanickým rázom a môžu byť použité pri vyšších hodnotách posuvových rýchlostí. [19]

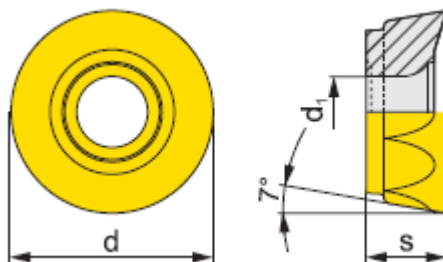
Ako nástroj na vyhrubovanie bola zvolená nástrčná fréza typu 63A05R – SMORC12 s kruhovými vymeniteľnými britovými doštičkami typu RCMT 1204MOEN – R. Táto vymeniteľná britová doštička má pozitívnu geometriu s obvodovou fazetkou. Používa sa na stredné až ťažké záberové podmienky. Je vhodná na obrábanie materiálov skupín P a K, ďalej pre materiály skupín M, S a H.



Obr. 6.1. Fréza SMORC [16]

Tab. 6.1. Rozmery frézy 63A05R – SMORC12 [16]

D	d₁	L	d	Z*	[kg]
63	30	40	22	5	0,35



Obr. 6.3. Rozmery VBD RCMT [16]

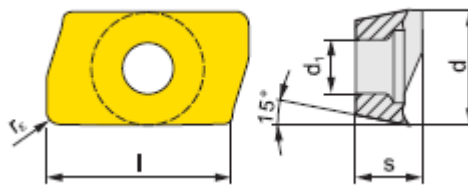
Tab. 6.2. Rozmery VBD RCMT 1204MOEN – R [16]

veľkosť	l	d	s	d₁
1204	-	12	4,71	4,40

Tab. 6.3. Odporúčané rezné parametre VBD RCMT 1204MOEN – R [16]

r_ε	f_{min}	f_{max}	a_{p min}	a_{p max}
-	0,2	0,5	0,3	6,0

Na dokončovanie a zhotovenie zahĺbení bola navrhnutá fréza 25J2R50B25 – SAD1E38 – C. Ide o typ frézy, ktorý je použitý aj v pôvodnej technológii. Vymeniteľná britová doštička, ktorá je tvarom a rozmermi taktiež totožná s pôvodnou vymeniteľnou doštičkou sa od pôvodnej líši reznými parametrami a povrchovou úpravou, čo dovoľuje zvýšiť posuv na zub f_z a tak prispeje ku skráteniu obrábacieho času. Typ vymeniteľnej britovej doštičky bol zvolený ADMX 11T308PR – R. Táto vymeniteľná britová doštička je vhodná na obrábanie materiálov skupín P, M, K a S, H.



Obr. 6.4. Vymeniteľná britová doštička ADMX 11 [16]

Tab. 6.4. Rozmery VBD ADMX 11T308PR – R [16]

veľkosť	l	d	s	d ₁
11T3	11,000	6,530	3,97	2,90

Tab. 6.5. Odporúčané rezné parametre VBD ADMX 11T304SR – F [16]

r_e	f_{min}	f_{max}	$a_{p min}$	$a_{p max}$
0,8	0,15	0,25	1,0	9,0

6.2. Porovnanie oboch technológií

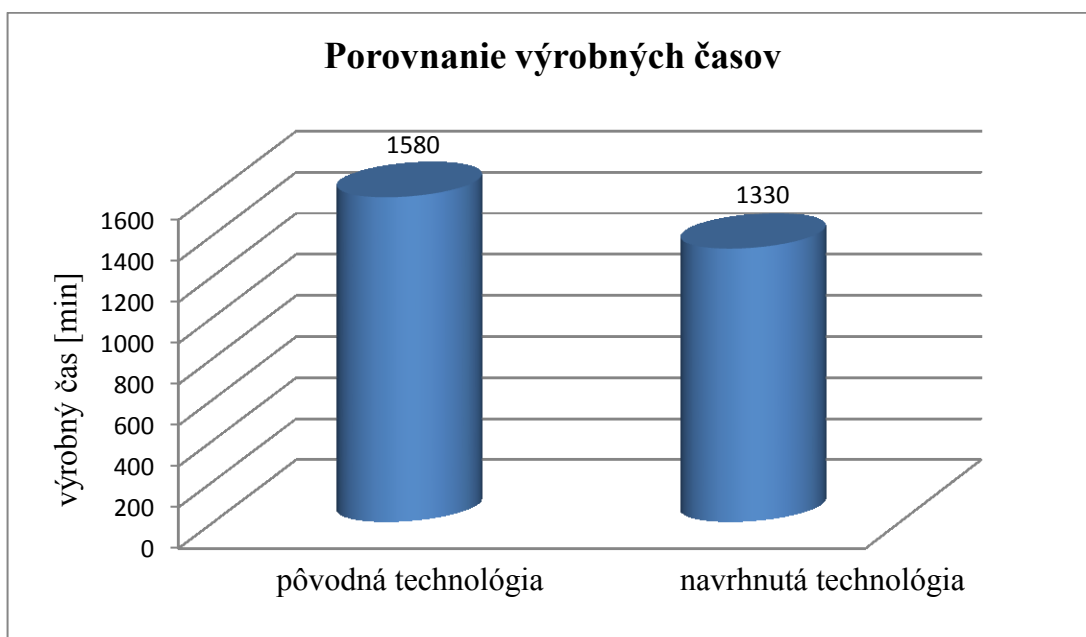
V rámci racionalizácie výrobného procesu na CNC obrábacom centre boli navrhnuté nové nástroje, ktoré majú zaručiť skrátenie výrobného času. V pôvodnej technológii boli použité tri druhy fréz, ktoré boli použité na rôzne operácie. Nahradením týchto troch nástrojov novými nástrojmi a zvýšením posuvu na zub došlo k urýchleniu výroby a zníženiu výrobných nákladov.

Pri fréze typu S90SD12 s vymeniteľnými britovými doštičkami typu SDMT 12, ktoré boli použité v pôvodnej technológii na hrubovanie drážok bol zvolený posuv na zub $f_z = 0,20 \text{ mm} \cdot \text{zub}^{-1}$, axiálna hĺbka záberu $a_p = 3 \text{ mm}$ a rezná rýchlosť $v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. V návrhu novej technológie bol zvolený kompletne nový nástroj na túto operáciu. Ide o frézu typu SMORC s kruhovými vymeniteľnými britovými doštičkami s označením RMCT. Tieto vymeniteľné britové doštičky umožňujú použiť dvakrát väčší posuv na zub ako vymeniteľné britové doštičky SDMT 12. Pri novo navrhutej technológii bol zvolený posuv na zub $f_z = 0,4 \text{ mm} \cdot \text{zub}^{-1}$ a ostatné rezné parametre, ako hĺbka záberu a rezná rýchlosť sa nemenili. Pri väčšom posuve na zub f_z a za rovnakých rezných podmienok vykonala novo zvolená fréza za kratší čas svoju prácu ako pri pôvodnej technológii.

Ako druhý navrhnutý nástroj na frézovanie bola zvolená fréza typu J – SAD11E, ktorá bola použitá aj pri pôvodnej technológii. Avšak zmena nastala pri návrhu vymeniteľnej britovej doštičky, ktorá sa od pôvodnej líši povrchovou úpravou. Táto vymeniteľná britová doštička je povlakovaná metódou MT – CVD. Tento druh povlaku umožňuje použiť vyššie hodnoty posuvu. Táto fréza je určená na dokončovanie operácie a taktiež bola vybraná aj na vyhrubovanie a dokončovanie zahĺbení. V pôvodnej technológii sa frézovanie zahĺbení vykonávalo pomocou monolitnej frézy typu SUMA. Pri racionalizácii sa tento nástroj vypustil a získal sa tak čas, ktorý sa spotreboval pri výmene nástroja. Rezné parametre v pôvodnej technológii boli $f_z = 0,1 \text{ mm} \cdot \text{zub}^{-1}$ a $v_c = 200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Podobne ako aj u čelnej frézy došlo k dvakrát väčšiemu posuvu na zub $f_z = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{zub}^{-1}$, čo vedie ku skráteniu času pri zachovaných rezných parametroch.

V grafe 6.1. je zobrazené porovnanie výrobných časov na CNC obrábacom stroji. Ide o porovnanie pôvodnej a navrhutej technológie výroby konzoly. Z grafu je vidieť, že u navrhutej technológii došlo k zníženiu výrobného času o 250 minút. K zníženiu výrobného času došlo vplyvom nahradenia troch frézovacích nástrojov dvomi a vďaka zmene reznej geometrie a zmene posuvu na zub f_z . V grafe sú zahrnuté časy všetkých operácií, ktoré sa vykonávajú na stroji. Sú to frézovacie a vŕtacie operácie, vystružovanie, rezanie závitov a zrazenie hrán. Graf zahŕňa v sebe aj čas potrebný na ustavenie obrobku do stroja.

Graf 6.1. Porovnanie výrobných časov



Tab. 6.6. Rezné parametre

Pôvodné frézy	fréza VBD	rezná rýchlosť v_c [m.min ⁻¹]	posuv na zub f_z [mm.zub ⁻¹]	minútový posuv v_f [mm.min ⁻¹]	otáčky n [min ⁻¹]	počet zubov frézy z
	63A06R - S90SD12 - C SDMT 12120508SR - M	160	0,2	960	808	6
	25J2R50B25 - SAD11E38 ADMX 11T304SR - F	190	0,1	480	2400	2
	monolitná fréza 20E4S200 38A20 SUMA	60	0,045	172	955	4
Navrhnuté frézy	63A05R - SMORC12 RCMT 1204MOEN - R	160	0,4	1616	808	5
	25J2R50B25 - SAD11E38 ADMX 11T308PR - R	190	0,2	960	2400	2

V tabuľke 6.6. sú zobrazené hodnoty rezných parametrov, ktoré boli vypočítané podľa vzťahov 6.1 a 6.2.

- rezná rýchlosť

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m.min}^{-1}] \quad (6.1)$$

D – priemer frézy [mm]

n – otáčky vretena [min⁻¹]

- posuv za minútu

$$v_f = f_z \cdot n \cdot z \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (6.2)$$

f_z – posuv na zub [mm . zub⁻¹]

n – otáčky vretena [min⁻¹]

z – počet zubov frézy [4]

7. Ekonomické zhodnotenie

Pri ekonomickom zhodnotení sa vychádza z hodinovej sadzby platnej v spoločnosti DA servis s.r.o.

Pôvodná technológia výroby na CNC stroji

Celkový čas obrábania = 1400 min

Cena stroja – fixné a variabilné náklady = 25 €/hod

Počet vyrobených kusov za hodinu:

$$\text{počet kusov} = \frac{60 \text{ min}}{\text{celkový čas obrábania}} = \frac{60}{1400} = 0,043 \text{ ks}$$

Cena jedného kusu:

$$\text{cena jedného kusu} = \frac{\text{cena stroja}}{\text{počet kusov}} = \frac{25}{0,043} = 581,4 \text{ €}$$

Celková cena výroby jedného kusu na CNC stroji je 581,4 €.

Navrhnutá technológia výroby na CNC stroji

Celkový čas obrábania = 1150 min

Cena stroja – fixné a variabilné náklady = 25 €/hod

Počet vyrobených kusov za hodinu:

$$počet kusov = \frac{60 min}{celkový čas obrábania} = \frac{60}{1150} = 0,052 ks$$

Cena jedného kusu:

$$cena jedného kusu = \frac{cena stroja}{počet kusov} = \frac{25}{0,052} = 480,8 €$$

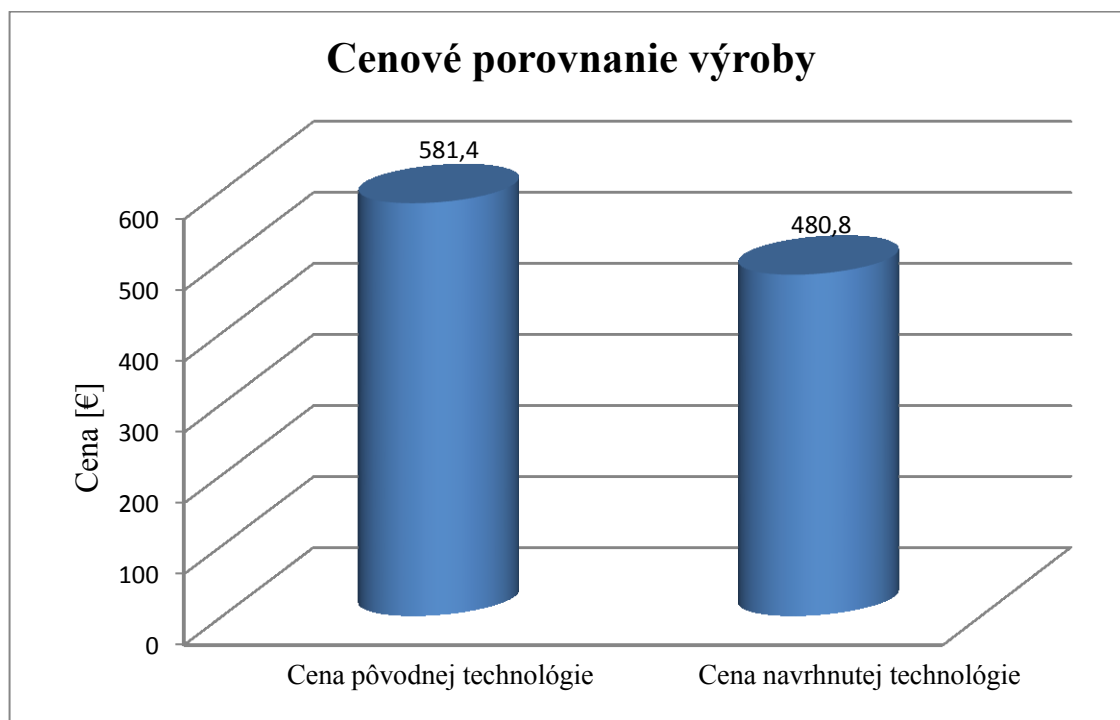
Celková cena výroby jedného kusu na CNC stroji je 480,8 €.

Tab. 7.1. Porovnávací tabuľka

Technológia výroby	Čas obrábania jedného kusa [min]	Počet vyrobených kusov za hodinu [ks/hod]	Cena jedného kusa [€]	Ušetrené náklady [€]
Pôvodná technológia	1440	0,043	581,4	-
Navrhnutá technológia	1150	0,052	480,8	100,6

V grafe 7.1. je zobrazené porovnanie nákladov potrebných na opracovanie konzoly na CNC obrábacom stroji. Z grafu je vidieť, že došlo k zníženiu nákladov vplyvom skrátenia výrobného času. Náklady vynaložené na výrobu konzoly v pôvodnej technológii siahajú do výšky 581,4 €. Vplyvom racionalizácie výroby na CNC stroji tieto náklady klesli na hodnotu 480,8 €, kde došlo k ušetreniu až 100,6 €. Táto novo navrhnutá technológia ešte nebola odskúšaná v praxi, takže ide len o víziu, ktorá sa plánuje v budúcnosti aplikovať do praxe.

Graf 7.1. Cenové porovnanie výroby



8. Záver

Cieľom bakalárskej práce bola racionalizácia výroby komponentu pre röntgenové zariadenia v spoločnosti DA servis s.r.o. Došlo k vylepšeniu pôvodnej technológie výroby na CNC obrábacom stroji, kde bolo hlavné zameranie na frézovacie nástroje. Nástroje pôvodnej technológie boli nahradené novými nástrojmi s vymeniteľnými britovými doštičkami od rovnakého dodávateľa. Týmto dodávateľom nástrojov je spoločnosť Pramet Tools s.r.o.

Spoločnosť DA servis s.r.o. sa zaoberá väčšinou kusovou a malosériovou výrobou, tak tu bola snaha o vylepšenie, ktoré by bolo použiteľné aj pri ďalších, tvarovo a rozmerovo podobných súčiastí. Hlavné zameranie tu bolo na výber nových frézovacích nástrojov s cieľom zvýšiť posuv a tak znížiť strojný čas a čiastočne náklady. V pôvodnej technológii sa jednalo o tri nástroje, ktoré boli nahradené dvomi novými nástrojmi s novými vymeniteľnými britovými doštičkami. Tieto nové VBD sa od pôvodných líšia novou reznou geometriou a povrchovou úpravou. Ide o frézy typu 63A05R – SMORC12 a 25J2R50B25 – SAD1E38 – C, v ktorých sú pripevné VBD, ktoré nám umožňujú použiť dvakrát väčší posuv na zub ako VBD použité v pôvodnej technológii.

Nahradením nástrojov pôvodnej technológie novými nástrojmi vedie k výraznému skráteniu výrobného času. Pri porovnaní výrobného času pôvodnej a navrhutej technológie sa dospelo k tomu, že novo navrhnutá technológia skrátila výrobný čas pri zachovaní rezných parametrov až o 250 minút. Táto časová úspora vedie k výraznému zníženiu nákladov až 100 eur.

V budúcnosti spoločnosť DA servis s.r.o. sa bude snažiť racionalizovať a navrhovať nové technologické postupy, z čoho bude plynúť úspora finančných prostriedkov a bude zachovaná kvalita výrobkov.

Pod'akovanie

Ďakujem technológom zo spoločnosti DA servis s.r.o. Ing. Martinovi Faturíkovi a Ing. Danielovi Luhovému, ktorí mi poskytli informácie potrebné na spracovanie bakalárskej práce.

Ďakujem svojmu vedúcemu bakalárskej práce prof. Dr. Ing. Josefovi Brychtovi za odborné vedenie a poskytovanie rád k práci.

Použitá literatúra

- [1] DRIENSKY, Dušan; FÚRIK, Pavol; LEHMANNOVÁ, Terézia; TOMAIDES, Josef. *Strojové obrábanie*. 1. vyd., Bratislava : Vydavateľstvo Alfa, 1984. 448 s.
- [2] DRIENSKY, Dušan; TOMAIDES, Josef. *Strojové obrábanie II: frézovanie*. 2. vyd., Bratislava : Vydavateľstvo Alfa, 1993. 128 s. ISBN 80-05-01143-1.
- [3] DRIENSKY, Dušan; ZONGOR, Josef. *Srojové obrábanie II: vŕtanie*. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo Alfa, 1988. 128 s.
- [4] HUMÁR, A. *Technologie I (Technologie obrábění – 1. část)*. Brno : VUT Brno, 2003. 138 s.
- [5] HUMÁR, A. *Technologie I (Technologie obrábění – 2. část)*. Brno : VUT Brno, 2004. 95 s.
- [6] [online]. [cit. 2014-02-25]. Dostupné z: http://www.sps-ko.cz/documents/STT_obeslova/Fr%C3%A9zov%C3%A1n%C3%AD.pdf
- [7] *Strojárska technológia, 1.ročník* [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <http://www.spsske.sk/store/file/Technologia/V%C5%95tanie,%201%20ro%C4%8Dn%C3%ADk.pdf>
- [8] *DA servis Púchov s.r.o.* [online]. [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: <http://www.daservis.sk/>
- [9] *INOX, spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: <http://www.inoxspol.cz/nerezova-ocel-14301.html>
- [10] *M.WOITE* [online]. [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: <http://www.m-woite.de/en/materials/14301.shtml>
- [11] ČEP, Robert. *Technologie II – 2. díl*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 142 s. ISBN 978 – 80 – 248 – 1822 – 1
- [12] *Ferrmax* [online]. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.ferrmax.cz/produkty/126/115>

- [13] *CONSORTA Praha s. r. o.* [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z:
<http://consorta.cz/vmc-2000s/>
- [14] *Bazoš* [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupné z:
<http://stroje.bazos.cz/inzerat/33125241/Horizontalni-vyvtavacka-W-100A.php>
- [15] *Strojnícka fakulta: Technická univerzita v Košiciach* [online]. [cit. 2014-03-20].
Dostupné z: http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/02_Vrtacky_a_Vyvtavacky.pdf
- [16] *Pramet: Katalog frézování 2014* [online]. [cit. 2014-04-24]. Dostupné
z: <http://www.pramet.com/download.php?id=573>
- [17] *Pramet: Katalog soustružení 2014* [online]. [cit. 2014-04-24]. Dostupné
z: <http://www.pramet.com/download.php?id=574>
- [18] *Pramet: Katalog monolitních fréz 2012* [online]. [cit. 2014-04-24]. Dostupné
z: <http://www.pramet.com/download.php?id=91>
- [19] *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupné
z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/trendy-v-povlakovani-slinutych-karbidu.html>
- [20] *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2014-04-22]. Dostupné
z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vyber-vhodneho-drzaku-a-vbd-pro-soustruzeni.html>

Prílohy

Príloha 1. Technický výkres

Príloha 2. Technologický postup